



STRÅLNINGSÖVERGÅNGAR INDUCERADE AV SNABBA NEUTRONER

Bodil Jönsson

LUND 1972

STRÅLNINGSÖVERGÅNGAR INDUCERADE AV SNABBA NEUTRONER

Avhandling för doktorsexamen

Avhandlingen kommer att försvaras
vid en offentlig disputation i
Fysiska institutionens
föreläsningssal B fredagen den
5 maj 1972 kl 10.15

av

BODIL JÖNSSON
Fil lic, Hld

L U N D 1972



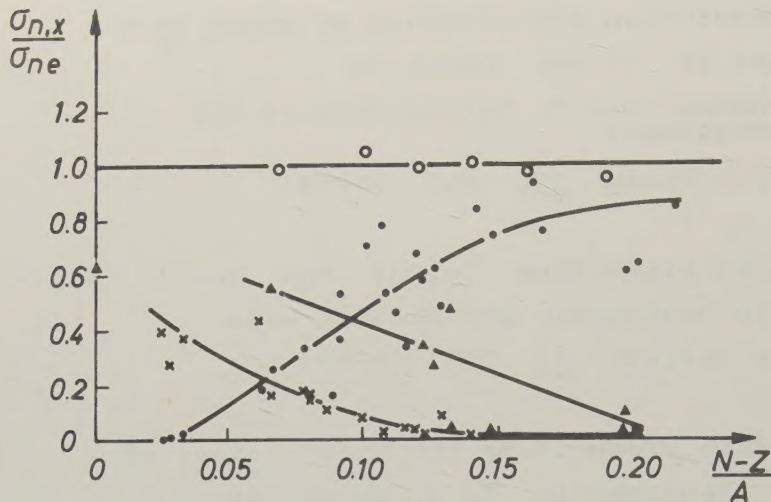
Föreliggande avhandling omfattar följande arbeten:

- I. High resolution measurements of gamma rays produced by 15 MeV neutrons
(tillsammans med K. Nyberg-Ponnert och I. Bergqvist)
Arkiv för Fysik 39, 295 (1969)
- II. Gamma-ray Lines from $(n,2n)$ and (n,n') Reactions in Radiogenic and Natural Lead
Physica Scripta 2, 277 (1970)
- III. Gamma Rays Produced by the Interaction of 15 MeV Neutrons in N, O, Mg and Al
(tillsammans med K. Nyberg-Ponnert och I. Bergqvist)
Physica Scripta 4, (1971)

Vid kärnreaktioner alstrade av 14-15 MeV neutroner spelar direkta processer en betydande roll (t ex [1] och [2]). Huvuddelen av reaktionerna kan emellertid beskrivas med blandkärnmodellen (komppoundkärnmodellen). Blandkärnans excitationensenergi blir ungefär 20 MeV, och den sönderfaller företrädesvis genom nukleonemission (infångningstvårsnittet är jämförelsevis små [3]).

De aktuella nonelastiska reaktionerna kan indelas i tre kategorier: inelastisk spridning (tvärsnitt $\sigma_{n,n'}$) emission av två neutroner (tvärsnitt $\sigma_{n,2n}$) och emission av laddade partiklar (tvärsnitt $\sigma_{n,laddad\ partikel}$). Tvärsnittens andelar av det totala nonelastiska tvär-

snittet för neutronreaktioner med olika kärnor framgår av figuren nedan.



Den relativa styrkan av olika nonelastiska neutronreaktioner ($E_n = 14-15$ MeV) som funktion av kvoten mellan kärnans neutronöverskott och masstal. Sammanställningen är utförd av G Petö et al [1]. Beteckningar för tvärsnittskvoterna $\sigma_{n,x}/\sigma_{ne}$:

- ▲ ($x=n'$), • ($x=2n$), x (x = laddad partikel) och
o ($x=n'+2n$ + laddad partikel).

Figurens grafer visar tendenserna i de relativa partiella tvärsnittens beroende av $(N-Z)/A$. Reaktioner med lätta kärnor ($N \approx Z$) ger nästan uteslutande inelastisk eller emission av laddade partiklar. För kärnor med $(N-Z)/A \gtrsim 0.1$ resulterar flertalet reaktioner i emission av två neutroner och för tunga kärnor med $A \approx 200$ ($(N-Z)/A \approx 0.2$) är $(n,2n)$ -reaktionen kraftigt dominerande. Det inelastiska tvärsnittet är här litet i förhållande till $\sigma_{n,2n}$ men avsevärt större än tvärsnittet för emission av laddade partiklar.

Oberoende av den beskjutna kärnans masstal gäller således att olika reaktioner kan induceras, vilket innebär att olika slutkärnor kan resultera. Slutkärnorna kan vara

exciterade till höga tillstånd, varifrån γ -övergångar sker i kaskad eller direkt till grundtillståndet. Spektra över γ -linjer från reaktioner med snabba neutroner är därför ofta komplicerade. Detta gäller speciellt för medeltunga och tunga kärnor.

Föreliggande avhandling presenterar mätningar med Ge(Li)-detektor av nonelastisk γ -strålning från reaktioner med snabba neutroner ($E_n \approx 15$ MeV). Ämnen inom fyra masstalsområden har studerats.

Ämne	Nonelastiska reaktioner till vilka observerad γ -strålning hänförs (markerade med kryss)					
	n,n'	n,2n	n,p	(n,d)+(n,np)+(n,pn)	n,t	n, α
N	X		X	X	X	X
O	X					X
Mg	X		X	X		X
Al	X		X	X		X
Fe	X	X	X			
Ni	X			X		
Cu	X			X		
Pb	X	X				
Bi	X	X				

Mätningarna har givit differentiella tvärsnitt för diskreta γ -linjer. Med få undantag har det varit möjligt att fastlägga, vilken slutkärna och vilken övergång en observerad γ -linje bör tillskrivas. Vid experimentet redovisat i arbete I och III analyserades strålningen från ämnen av naturlig isotopsammansättning. Det vanligaste är, att bara en av de ingående isotoperna kan ge en viss slutkärna, dvs fastläggandet av slutkärna leder till bestämning av vilken nonelastisk reaktion, som alstrat strålningen. Om emellertid - som för naturligt bly - isotoper av såväl masstal A som A + 1 ingår, kan nivåer

i slutkärnan A populeras både genom (n,n') och $(n,2n)$ -reaktioner. För att kunna ge separata $(n,n'\gamma)$ - och $(n,2n\gamma)$ -tvärsnitt för Pb utfördes experimentet redovisat i arbete II. Gammastrålning från radiogeniskt och naturligt bly studerades, och uppdelningen möjliggjordes genom att ställa förhållandet mellan intensiteterna av diskreta γ -linjer från de två blymaterialen i relation till deras olika isotopsammansättning.

Material	Procentuell isotopsammansättning			
	$^{204}_{\text{Pb}}$	$^{206}_{\text{Pb}}$	$^{207}_{\text{Pb}}$	$^{208}_{\text{Pb}}$
Radiogeniskt bly	0.085	88.4	8.57	2.97
Naturligt bly	1.48	23.6	22.6	52.3

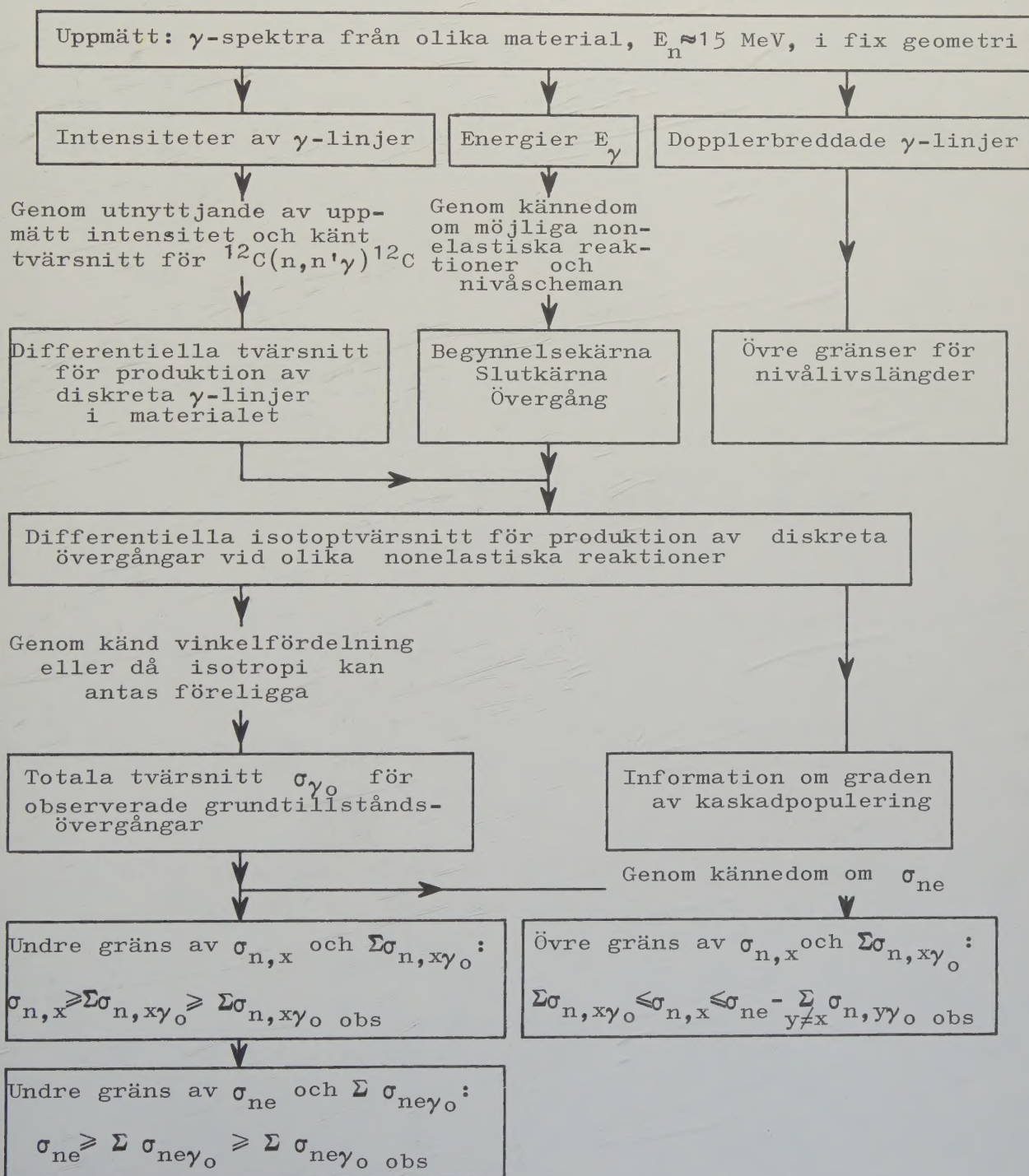
För de tunga och medeltunga kärnorna är de differentiella tvärsnitten för grundtillståndsovergångar från lågtliggande nivåer oftast avsevärt större än motsvarande tvärsnitt för direkt populering av tillstånden. Detta framgår om man jämför resultaten av arbete I och II med data från mätningar på partikelspektra (t ex [2]). Exempelvis gäller för jämn-jämna kärnor att tvärsnittet vid inelastisk spridning för excitation (direkt och via kaskader) av första 2^+ -nivån är ungefär det samma som det totala inelastiska tvärsnittet [4]. Strålningsövergångar från tillstånd, vars populering i huvudsak sker via kaskader från ett flertal tillstånd, kan förväntas ha en i det närmaste isotrop vinkelfördelning. Det differentiella tvärsnittet $d\sigma_{\gamma_0}/d\Omega$ multiplicerat med 4π bör alltså i dessa fall utgöra en god approximation av σ_{γ_0} .

För summan av tvärsnitten för de observerade grundtillståndsovergångarna gäller att $\sum \sigma_{ne\gamma_0 \text{ obs}} \approx \sigma_{ne}$, dvs för tunga och medeltunga kärnor gäller att nonelastiska reaktioner i allmänhet inkluderar γ -emission.

För strålningsövergångar i lätta kärnor, där kaskadpopuleringen inte har samma betydelse och där i allmänhet färre nivåer är inblandade i kaskadpopuleringen, fordras

experimentella data rörande vinkelfördelningen för att totala tvärsnitt skall kunna uppskattas. De i arbete III beräknade tvärsnitten $\Sigma \sigma_{ne\gamma_o \text{ obs}}$ är i allmänhet mindre än motsvarande nonelastiska tvärsnitt σ_{ne} . Partikel-emission till slutkärnans grundtillstånd är här relativt stark.

Den information, som utvunnits ur de föreliggande arbetena, kan sammanfattas på följande sätt:



Till min handledare, docent Ingvar Bergqvist, vill jag härmed rikta ett varmt tack. Han har dels föreslagit dessa experiment, dels under deras genomförande och uppföljning ständigt varit beredd att genom uppslag, praktiska åtgärder och diskussioner föra arbetet framåt.

Jag vill också framföra ett tack till professor Sven Johansson och professor Bengt Forkman för vänligt intresse och för de resurser, som ställts till mitt förfogande.

En stor del av det här redovisade arbetet har utförts tillsammans med min medförfattare, fil lic Kerstin Nyberg-Ponnert, som jag vill tacka för allt det positiva vårt fleråriga samarbete innebar.

Slutligen vill jag också tacka alla dem, som på olika sätt bidragit till att detta arbete kunnat genomföras. Ett speciellt tack för all hjälp riktas till gruppen knuten till LTHs neutrongenerator.

Referenser

1. G Petö, P Bornemisza-Pauspertl and J Károlyi,
AHP 25, 91 (1968)
2. P H Stelson, R L Robinson, K J Kim, J Rapaport and
G R Satchler, NP 68, 97 (1965)
3. CINDA, Index to the literature on microscopic
neutron data by Columbia University &
ENEA Neutron Data Compilation Centre
4. B A Benetskii,
Proc (Trudy) of the P N Lebedev Physics Institute,
(ed by D V Skobel'tsyn) vol 33, 99 (1966).

